УДК 004.89

С.И. Ватлин, М.С. Шибут
Академия управления при Президенте Республики Беларусь, г. Минск
sergey.vn@tut.by

Объективизация нечетких классификационных моделей формирования межпредметных связей

В статье рассматривается проблема объективизации нечетких классификационных моделей обработки данных. Предлагается формальный метод (и реализующий его вычислительный алгоритм) анализа обоснованности нечетких классификационных моделей исходной выборки X, основанный на исследовании устойчивости альтернативных нечетких классификаций X к «допустимым» модификациям указанной выборки. Разработанный алгоритм используется при формировании компетентностного рубрикатора электронных обучающих ресурсов в системе электронного обучения.

Введение

Фундаментальным противоречием системы непрерывной профессиональной подготовки руководящих кадров является противоречие между интегративной природой деятельности специалиста, в том числе руководителя, и недостаточностью используемых в образовательном процессе методов и средств, объединяющих дисциплинарные знания в единое целое. Применение компетентностного подхода как теоретико-методологической основы развития системы непрерывного профессионального образования руководящих кадров позволяет сгладить указанное противоречие [1].

Ключевая идея формирования образовательных ресурсов на базе компетентностного подхода заключается в разработке таких критериев формирования учебных курсов и оценки качества подготовки, которые бы позволили в максимальной степени приблизить результаты освоения этих курсов к ожиданиям организаций, к привычным для них процедурам оценки и развития персонала.

Под *компетенцией* обычно понимают сложную структуру, в которую входят: когнитивный компонент – знания; функциональный компонент – умения и навыки; ценностно-этический компонент – отношение к осуществляемой деятельности. Компетенции, с одной стороны, являются существенно более комплексными, интегративными структурами, чем отдельные знания или умения, а с другой стороны, упрощают процесс установления соответствий требований к специалисту и учебных материалов и мероприятий, необходимых для того, чтобы специалист удовлетворял этим требованиям. Как следствие, процесс формирования образовательных программ при компетентностном подходе имеет следующие особенности:

– представление содержания образовательных программ в более крупных единицах, чем учебные дисциплины. С определенными компетенциями могут быть логически связаны циклы или учебные модули, включающие элементы нескольких дисциплин;

– включение в состав учебных модулей не только курсов лекций, но и практикумов, тренингов, заданий на самостоятельные исследования и т.п.

В рамках реализации компетентностного подхода к развитию системы непрерывного профессионального образования руководящих кадров в НИИ теории и практики государственного управления Академии управления при Президенте Рес-

публики Беларусь (далее – Академия управления) разработаны программы обучения (подготовки, переподготовки и повышения квалификации) и профессионального самообразования руководящих кадров, осуществляемые, в том числе, и в форме дистанционного обучения.

Для построения национальной модели управленческих компетенций был проведен сравнительный анализ зарубежного и отечественного опыта работы управленческих кадров государственных органов и организаций, а также выделены необходимые управленческие компетенции. Каждой компетенции поставлены в соответствие характеристики необходимых управленческих способностей, содержание которых разворачивается в соответствующие знания, умения и навыки. Данная модель управленческих компетенций положена в основу компетентностного рубрикатора учебных материалов системы электронного обучения Академии управления.

Постановка задачи

Формирование компетенций представляет собой процесс, основывающийся на углублении интегрированных форм обучения. Одной из наиболее распространенных форм интеграции является система межпредметных связей [2].

Исходной информацией для дальнейшего анализа является выборка X, содержащая совокупность векторов $X_p = (x_{p1}, x_{p2}, ..., x_{pM_s})$, где $M_s = M - 1$, M – общее число дисциплин, участвующих в формировании межпредметных связей, x_{pt} – степени интеграции между попарно предъявляемыми учебными дисциплинами, $t = \overline{1, M_s}$, $p = \overline{1, M}$ (формируются экспертами или в автоматическом режиме).

Эффективное разбиение указанной выборки на заранее неизвестное число групп определяет количество потенциальных компетенций, которые могут быть сформированы с использованием рассматриваемой совокупности монопредметных дисциплин, и служит основой для организации автоматизированного управления обучением [2].

Одно из направлений развития классификационных моделей связано с теорией нечетких множеств. Как отмечает Л. Заде, существенная связь между подобными моделями и теорией нечетких множеств основывается на том факте, что большинство реальных классов (множеств) размыты по своей природе, то есть переход от принадлежности к непринадлежности этим классам скорее непрерывен, чем скачкообразен [3].

Кардинальным фактором, обеспечивающим эффективность (обоснованность) нечетких классификационных моделей, является адекватное число элементов в формируемой ими совокупности классов. Недостаточное или чрезмерное число классов приводит к ошибкам в упорядочении информации и принятии решений [4].

Целью данной работы является:

1) разработка формального метода анализа обоснованности нечетких классификационных моделей исходной выборки *X*, основывающегося на исследовании устойчивости альтернативных нечетких классификаций к «допустимым» модификациям указанной выборки;

2) разработка, на основе предложенного формального метода, вычислительного алгоритма определения «оптимального» числа нечетких классов выборки *X* (алгоритма анализа обоснованности нечетких классификационных моделей исходной выборки);

3) практическая апробация предложенного формального подхода и реализующего его алгоритма при решении задачи формирования компетентностных рубрикаторов электронных образовательных ресурсов в системе электронного обучения Академии управления.

Формализация задачи

Обоснованной может быть признана лишь объективизированная классификация, то есть классификация, прошедшая проверку на устойчивость. В свою очередь, устойчивость нечеткой классификационной модели, по существу, означает, что если в множестве X существует закономерность «групповой похожести», то эта закономерность будет проявляться и на других выборках, «сходных» (в некотором заранее определенном смысле) с множеством X. При этом мера проявления указанной закономерности должна быть тем выше, чем больше выборка X' «сходна» с экспериментальной выборкой X ($Card\ \mathrm{X} = n$).

С учетом этого введем следующую систему обозначений.

Пусть в качестве семейства выборок, «близких» к исходной выборке, задано некоторое множество ее псевдокопий $S = \{X^1, X^2, \ldots, X^N\}$. Структуру множества S определим таким образом, что в любой X^α, $\alpha = \overline{1,N}$, отсутствует малая часть объектов из X. Выбор этих объектов осуществляется случайным образом и не зависит от способа формирования остальных элементов множества S.

Пусть также $G = \{g_L\}_{L\in\,[L_0,\ L_1]}$ – обозначает произвольный нечеткий классификатор без обучения, такой, что

$$g_L : \mathrm{X} \to V_{fL}, L \in [L_0,\ L_1],$$

где V_{fL} – совокупность всевозможных нечетких разбиений X на L классов, L_0 и L_1 соответствуют нижней и верхней границе возможного изменения числа классов в X (в наиболее общем случае $L_0 = 1$, $L_1 = n$). Обозначим через $v_{fL} = \|\mu_{ij}\|$, $i = \overline{1,n}$, $j = \overline{1,L}$ – матрицу произвольного нечеткого разбиения X на L классов.

Отображения, составляющие фиксированный нечеткий классификатор без обучения G [4], будем в дальнейшем называть допустимыми отображениями.

Пусть $\mu_{ij}\left|X^\alpha\right.$ – сужения функций μ_{ij} на множества X^α, а $v_{\alpha L}$ – матрицы размытых разбиений, соответствующих указанным сужениям, $\alpha = \overline{1,N},\ L \in [L_0, L_1]$. Обозначим также через v_L^α матрицы, сформированные в результате «непосредственных» разбиений множеств X^α на L размытых классов, $\alpha = \overline{1,N},\ L \in [L_0, L_1]$ нечетким классификатором $G = \{g_L\}_{L\in\,[L_0,\ L_1]}$.

На элементах множеств

$$K_L^\alpha = V_{\alpha L} \bigcup V_L^\alpha,\ \alpha = \overline{1,N}, L \in [L_0,\ L_1],$$

где $V_{\alpha L}$ и V_L^α – пространства всевозможных матриц $v_{\alpha L}$ и v_L^α соответственно, определим функцию расстояния ρ

$$\rho(v_{\alpha L},\ v_L^\alpha) = {}^1\!/_2 \sum_{tg=1}^{M_\alpha} |\,\sigma_{tg} - s_{tg}\,|\,.$$

Здесь посредством σ_{tg} и s_{tg} обозначены элементы индикаторов Y_0 и Y_1 матриц $v_{\alpha L}$ и v_L^α [5]. Выберем в качестве относительных показателей устойчивости допустимых отображений $\{g_L\}_{L\in\,[L_0,\ L_1]}$ ассоциированные с ними значения функции ρ, то есть положим

$$\beta_L^\alpha = \rho(v_{\alpha L},\ v_L^\alpha),\ \alpha = \overline{1,N},\ L \in [L_0,\ L_1].$$

В силу способа построения множеств $X^{\alpha}, \alpha = \overline{1,N}$, значения β_L^{α} можно рассматривать как значения случайной функции β_L

$$\beta_L : K_L \to R^1,\ K_L = \bigcup_{\alpha=1}^{N} K_L^{\alpha}.$$

Как следствие, при фиксированном нечетком классификаторе без обучения $G = \{g_L\}_{L \in [L_0,\ L_1]}$ каждому допустимому отображению g_L будет соответствовать ровно N (по числу псевдокопий выборки X) выборочных значений случайной функции $\beta_L,\ L \in [L_0,\ L_1]$.

В качестве устойчивых нечетких классификационных моделей выборки X предлагается рассматривать те и только те ее нечеткие разбиения, которые формируются допустимыми отображениями g_L, для которых

$$\gamma_L = \xi(\beta_L^1,\ \beta_L^2,\ \ldots,\ \beta_L^N) = \overline{\beta}_L = 1/N \sum_{\alpha=1}^{N} \beta_L^{\alpha} \le \varepsilon .$$

Алгоритм анализа обоснованности нечетких классификационных моделей исходной выборки

Тогда, алгоритм выявления оптимального числа нечетких классов исходной выборки X может быть реализован в рамках следующей последовательности шагов.

V-алгоритм

Шаг 1. Расклассифицировать исходную выборку X на L размытых классов с помощью допустимых отображений $g_L, L \in [L_0, L_1]$. Построить матрицы размытых классификаций $v_{fL} = \|\mu_{ij}\|,\ i = \overline{1,n},\ j = \overline{1,L}$.

Шаг 2. Сформировать матрицы $v_{\alpha L}$, соответствующие сужениям функций μ_{ij} на псевдокопии $X^{\alpha}, \alpha = \overline{1,N}, L \in [L_0, L_1]$.

Шаг 3. Расклассифицировать каждую из псевдокопий исходной выборки X на L размытых классов с помощью «непосредственного» использования α -срезов допустимых отображений $g_L - g_L^{\alpha}$. Построить матрицы размытых разбиений $v_L^{\alpha}, \alpha = \overline{1,N}$, $L \in [L_0, L_1]$.

Шаг 4. Вычислить значения относительных показателей устойчивости допустимых отображений g_L

$$\beta_L^{\alpha} = \rho(v_{\alpha L}, v_L^{\alpha}), \alpha = \overline{1.N}, L \in [L_0, L_1].$$

Шаг 5. Вычислить значения абсолютных показателей устойчивости g_L

$$\gamma_L = \overline{\beta}_L = 1/N \sum_{\alpha=1}^{N} \beta_L^{\alpha}, L \in [L_0, L_1].$$

Шаг 6. Проверить устойчивость допустимых отображений g_L по системе относительных показателей устойчивости $\beta_L^{\alpha}, \alpha = \overline{1.N}, L \in [L_0, L_1]$ и семейству допустимых модификаций исходной выборки – $S = \{X^1, X^2, \ldots, X^N\}$

$$\gamma_L \le \varepsilon\ ? \qquad (1)$$

Шаг 7. Пусть $\mathfrak{M}_\varepsilon$ соответствует совокупности допустимых отображений $\{g_L\}_{L\in[L_0,\ L_1]}$, удовлетворяющих (1). Если $Card\mathfrak{M}_\varepsilon = 1$ или $Card\mathfrak{M}_\varepsilon > 1$, то сформировать полное или частичное (с упорядочиванием соответствующих моделей по возрастанию значений γ_L) решение задачи анализа обоснованности нечеткой классификационной модели исходной выборки X. В противном случае ($Card\mathfrak{M}_\varepsilon = 0$) – перейти к пересмотру априорных представлений о характере относительных показателей устойчивости $\beta_L^\alpha, \alpha = \overline{1.N}, L \in [L_0, L_1]$ и о структуре выборки X.

Выводы

Предложенный формальный метод дает возможность выявлять оптимальное число классов нечеткой классификационной модели данных на основе анализа устойчивости альтернативных классификаций к «допустимым» модификациям данных. Основными настраиваемыми параметрами вычислительного V-алгоритма, реализующего предложенный метод, являются: абсолютные и относительные показатели устойчивости нечетких классификационных моделей, а также совокупность S «допустимых» псевдокопий исходной выборки, выбор которых позволяет учитывать специфику конкретной задачи нечеткой классификации. Разработанный алгоритм используется при формировании компетентностного рубрикатора электронных обучающих ресурсов в системе электронного обучения Академии управления.

Литература

1. Ганчарик Л.П. Компетентностный подход при непрерывном профессиональном развитии руководящих кадров / Л.П. Ганчарик, А.В. Ивановский, М.С. Шибут // Высшая школа: проблемы и перспективы : материалы IX Междунар. науч.-метод. конф., (Минск, 11–12 нояб. 2009 г.) : В 2 ч. ; редкол.: М.И. Демчук [и др.] ; Республ. ин-т высш. школы. – Минск : РИВШ, 2009. – Ч. 1. – С. 16-18.
2. Мазурок Т.Л. Интеллектуализация управления обучением на основе нейронно-нечеткой кластеризации / Т.Л. Мазурок // Искусственный интеллект. – 2008. – № 4. – С. 109-116.
3. Fuzzy sets and their application to pattern classification and cluster analysis / L. Zadeh // J. van Ryzin (Ed) Classification and Clustering. – New York : Academic Press, 1977. – P. 148-223.
4. Краснопрошин В.В. Принцип самосоответствия нечетких классификационных моделей. Устойчивые нечеткие классификаторы / В.В. Краснопрошин, С.И. Ватлин // Весці АН РБ. Сер. фіз.-мат. навук. – 1994. – № 4. – С. 68-76.
5. Миркин Б.Г. Об измерении близости между разбиениями конечного множества объектов / Б.Г. Миркин, Л.Б. Черный // Автоматика и телемеханика. – 1970. – № 5. – С. 120-127.

С.І. Ватлін, М.С. Шибут

Об’єктивування нечітких класифікаційних моделей формування міжпредметних зв’язків

У статті розглядається проблема об’єктивування нечітких класифікаційних моделей обробки даних. Пропонується формальний метод (та обчислювальний алгоритм, який реалізує його) аналізу обґрунтованості нечітких класифікаційних моделей вихідної вибірки *X*, який ґрунтується на дослідженні стійкості альтернативних нечітких класифікацій *X* до «допустимих» модифікацій вказаної вибірки. Розроблений алгоритм використовується при формуванні компетентнісного рубрикатора електронних навчальних ресурсів у системі електронного навчання.

S.I. Vatlin, M.S. Shibut

Validation of Fuzzy Classification Models for Interdiscipline Integration

The paper is devoted to the problem of validation of fuzzy classification models for experimental sample *X*. It is proposed a formal method and computational algorithm that provide to get an optimal number of fuzzy classes in *X* based on taking into account of stability of the alternative fuzzy classifications under acceptable modification of *X*.

Статья поступила в редакцию 05.07.2010.